

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-108759

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 0 1 J 3/46

G 0 1 J 3/46

Z

G 0 1 B 11/30

G 0 1 B 11/30

Z

G 0 1 N 21/88

G 0 1 N 21/88

J

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平9-265442

(22) 出願日

平成9年(1997) 9月30日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 酒井 薫

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 浅野 敏郎

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 田口 哲夫

茨城県日立市幸町三丁目1番1号株式会社

日立製作所日立工場内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

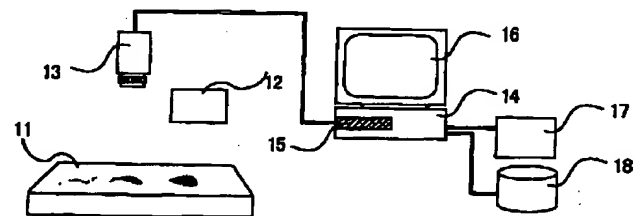
(54) 【発明の名称】 欠陥検査方法及びその装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 対象物のカラー画像の色を計測し、正常部と異常部といった2つのモードに識別することにより、検査を行う方法及び装置を提供すること。

【解決手段】 色の違いから、欠陥部と正常部といった2つのモードに識別するものについて、対象物11をカメラ13で撮像して、そのカラー画像データの色度を計測し、色度分布から検出したい部分のみを自動で検出することにより、表面欠陥などの自動検査を実現する。また、カラーキャリブレーション手段及び寸法ティーチングを行うことにより、カラーカメラによる高精度な色度計測及び形状計測を行うことができる。また、検査対象物のカラー画像データにおいて、算出された色度分布から基準となる色を算出し、それに対する色相・色差から求めたい色度領域を限定することにより、検査対象物を2つのモードに自動で識別し、検査の高効率化と信頼性の向上を図る。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】試料の表面の色を検出して前記試料の表面欠陥を検査する欠陥検査装置であって、前記試料を撮像してカラー画像として取り込む画像取り込み手段と、該画像取り込み手段で取り込んだ前記カラー画像のデータから色度・輝度を算出する色度・輝度算出手段と、該色度・輝度算出手段で算出した色度・輝度の分布から欠陥候補部を抽出する欠陥候補抽出手段と、該欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補部の形状を計測してその形状から欠陥のみを検出する欠陥検出手段と、該欠陥検出手段で検出した検出結果を出力する出力手段と、前記欠陥検出手段で検出した検出結果を格納する格納手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項2】前記検査装置は照明手段を更に備え、前記画像取り込み手段は前記試料を撮像してカラー画像を得るカメラ部を有し、前記照明手段と前記カメラ部とはそれぞれ偏光フィルタを備えていることを特徴とする請求項1記載の欠陥検査装置。

【請求項3】試料を偏光光で照明する照明手段と、該照明手段により照明された前記試料を偏光フィルタを介して撮像して前記試料のカラー画像を得る撮像手段と、該撮像手段で撮像した前記試料のカラー画像に基づいて前記試料の欠陥を検出する欠陥検出手段と、該欠陥検出手段で検出した結果を出力する出力手段とを備えたことを特徴とする欠陥検査装置。

【請求項4】前記欠陥検出手段は、前記カラー画像から色度を算出する色度算出部と、該色度算出部で算出した色度の分布から欠陥候補を検出する欠陥候補検出部と、該欠陥候補検出部で検出した欠陥候補の中から欠陥を検出する欠陥検出部とを備えたことを特徴とする請求項3記載の欠陥検査装置。

【請求項5】前記出力手段は、前記欠陥検出手段で検出した結果を画面上に表示する表示手段と、前記欠陥検出手段で検出した結果を格納する格納手段とを有することを特徴とする請求項3記載の欠陥検査装置。

【請求項6】試料の表面の色を検出して前記試料の表面欠陥を検査する欠陥検査方法であって、前記試料を撮像してカラー画像を得、該得た前記カラー画像のデータから色度・輝度を算出し、該算出した色度・輝度の分布から欠陥候補部を抽出し、該抽出した欠陥候補部の形状を計測してその形状から欠陥のみを検出し、該検出した欠陥に関する情報を画面上に表示することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項7】前記欠陥候補部の抽出を、前記算出した色度・輝度の分布に基づいて基準値を算出し、該算出した基準値と前記試料上の各位置の色度・輝度とを比較することにより行うことを特徴とする請求項6記載の欠陥検査方法。

【請求項8】試料を偏光光で照明し、該照明された前記試料を偏光フィルタを介して撮像して前記試料のカラー

画像を得、該試料のカラー画像に基づいて前記試料の欠陥を検出し、該検出した結果を出力することを特徴とする欠陥検査方法。

【請求項9】前記欠陥を検出することを、前記カラー画像から色度を算出し、該算出した色度の分布から欠陥候補を検出し、該検出した欠陥候補の中から欠陥を検出することにより行うことを特徴とする請求項8記載の欠陥検査方法。

【請求項10】前記検出した結果を出力することが、前記検出した結果を画面上に表示することと、前記検出した結果を格納することであることを特徴とする請求項8記載の欠陥検査方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、試料の欠陥を検査する方法及びその装置に係わり、特に塗装面や鋳物表面などの、色の違いにより欠陥を検出するのに最適な欠陥検査方法及びその装置装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】塗装面の表面検査を一例にとって説明すると、塗装面の塗りむら、かすれ、もしくは塗り残し、傷などの欠陥の検査は、目視により行われている。具体的には、検査表面全体の色調に対し、むらになっている部分や、地の色などの塗装色とは異なる色があるかを人間が調べている。

【0003】また、鋳物の表面欠陥検査を一例にとって説明すると、浸透探傷試験による表面欠陥検査では、白色の現像液を検査表面全体に吹き付け、染みだしてきた浸透液の色の濃さ、形状などから欠陥部分を検出するが、検出は検査員の目視検査で行われてる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記検査方法である、目視で色むらや色の違いを検査する方法は、非効率的であると共に、見逃しなどの人的ミスや個人差による検査結果のばらつきが不可避であり、かつ、欠陥の寸法計測などもあいまいであり、検査結果の信頼性低下の原因となっている。

【0005】これに対し、デジタル的に色を測ろうとした場合、色彩計を用いることが一般的であるが、色彩計はスポット計測であるため多点での一括計測が不可能であり、表面検査など広範囲な計測には適していない。

【0006】本発明の目的は、このような従来検査技術の問題を解決するために、面での色計測が可能なカメラで検査面を撮像し、得られた画像データから色を計測、全体の色調と異なる部分を検出し、その形状を計測することにより、正確に検査表面の塗装むらや傷などの欠陥を自動で検出し、定量的に評価を行う検査方法及び装置を提供することにある。更に、製造ラインなどに本装置を導入し、表面の検査を自動で行うことにより、高品質な製品を提供するとともに、効率的かつ信頼性の高い検

査システムを構築することにある。更に、検査対象物のカラー画像全体から、色調の微妙な違いを計測し、検査対象物を色の違いにより2つのモードに自動で識別する検査方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、色の違いから、塗装むらや傷などの表面欠陥を検出する欠陥検査装置を、検査対象物をカラー画像として取り込む手段と、取り込んだ画像データから色度・輝度を算出する色度変換手段と、算出した色度の分布から欠陥候補部を検出する手段と、欠陥候補部の形状を計測し、その形状から欠陥のみを検出する手段と、その検出結果を出力、格納する手段とを備えて構成した。

【0008】また、照明による検査対象物の反射光を取り除き、S/N比を向上させ、ノイズの少ない画像を得るために、照明の光源およびカメラに偏光フィルタを挿入し、偏光フィルタの最適な向きを画像との対応をとりながら自動で調節する手段を更に備えて構成した。

【0009】また、検査対象物のカラー画像データにおいて色調の違いを検出し、検査対象物を正常部と異常部といった2つのモードに識別するするためには、微妙な色の違いを計測する必要がある。このため、検査対象物の色度を高精度に計測するためのカラーキャリブレーション手段を備えるようにした。また、検査対象物の画像から識別された領域の面積、形状を精度良く計測するための寸法ティーチング手段を更に備えて構成した。

【0010】また、色調の違いを検出し、検査対象物を正常部と異常部といった2つのモードに識別するするために、基準となる色に対する色相及び色差により色調の違いを計測する手段と、基準となる色に対する色差の変化量により色調の違いを計測する手段を更に備えている。また、これらの2つの手段から計測された結果により、検査対象物を2つのモードに識別する手段を備えて構成した。更に、基準となる色との比較により色調の異なる部分を抽出する際の、基準となる色を、取り込んだ画像データの中から自動で算出する手段を備えた。

【0011】即ち、本発明では、前記した目的を達成するために、試料の表面の色を検出して試料の表面欠陥を検査する欠陥検査装置を、試料を撮像してカラー画像として取り込む画像取り込み手段と、この画像取り込み手段で取り込んだカラー画像のデータから色度・輝度を算出する色度・輝度算出手段と、この色度・輝度算出手段で算出した色度・輝度の分布から欠陥候補部を抽出する欠陥候補抽出手段と、この欠陥候補抽出手段で抽出した欠陥候補部の形状を計測してその形状から欠陥のみを検出する欠陥検出手段と、この欠陥検出手段で検出した検出結果を出力する出力手段と、欠陥検出手段で検出した検出結果を格納する格納手段とを備えて構成した。

【0012】また、本発明では、試料を偏光光で照明する照明手段と、この照明手段により照明された試料を偏

光フィルタを介して撮像して試料のカラー画像を得る撮像手段と、この撮像手段で撮像した試料のカラー画像に基づいて試料の欠陥を検出する欠陥検出手段と、この欠陥検出手段で検出した結果を出力する出力手段とを備えて欠陥検査装置を構成した。

【0013】更に、本発明では、試料の表面の色を検出して試料の表面欠陥を検査する欠陥検査方法を、試料を撮像してカラー画像を得、この得たカラー画像のデータから色度・輝度を算出し、この算出した色度・輝度の分布から欠陥候補部を抽出し、この抽出した欠陥候補部の形状を計測してその形状から欠陥のみを検出し、この検出した欠陥に関する情報を画面上に表示することにより行うようにした。

【0014】更に、本発明では、試料を偏光光で照明し、この照明された試料を偏光フィルタを介して撮像して試料のカラー画像を得、この試料のカラー画像に基づいて試料の欠陥を検出し、この検出した結果を出力することにより行うようにした。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図1から図20により、詳細に説明する。

【0016】第1の実施例として、均一に塗装されている面の中で、塗装むらや未塗装、傷等により周囲の色と異なっている部分を欠陥として検出する塗装面の表面検査を行う場合について説明する。

【0017】図1は本発明による装置の構成の一例を示したものである。これによると、11は表面が塗装された検査対象物、12は検査対象物を照らす照明手段、13はCCDカメラ等を用いて検査対象物のRGB信号を取り込む撮像手段、14は画像入力ボード15を備え、検査対象物の色測定、欠陥検出を行うコンピュータ、16は処理結果を表示するためのディスプレイ等の表示手段、17は処理結果を出力するためのプリンタ等の出力手段、18は処理結果を格納、保存するための記憶装置である。

【0018】図2は本発明による作用の一例を示したものである。まず、照明12で照らされた検査対象物11をカメラ13で撮像し、RGBデータとして画像入力ボード15を介してコンピュータ14へ取り込む(201)。コンピュータ14では、得られたRGBデータを色度・輝度に変換する(202)。この色度分布の中から、正常な色、すなわち欠陥部でない色を、基準色として算出し(203)、基準色に対する画像上の各位置での色相、色差を算出する(204)。これらの色相、色差から正常でない色領域、すなわち欠陥候補となる領域を抽出する(205)。欠陥候補として抽出された各領域について、その周囲との色差の変化量すなわち色差の微分値を求め(206)、面積、縦横比、寸法など形状計測を行う(207)。そして、周囲との色差の変化量が大きく、かつ、規定以上の寸法・面積のある領域のみ

を真の欠陥部として検出し、表示装置16、出力装置17に出力する(208)。画像データ、検査データなどは、記憶装置18に格納される(209)。

【0019】次に上記の各動作について詳細に説明する。201の検査対象物のカラー画像取り込みの際に、対象物が金属などの場合、塗装が薄い部分や曲面の部分では照明による正反射が起き、得られた画像ではその部分の画像データは飽和した値となる。このような反射光を取り除き、画像のS/N比を上げるために、図3に示すようにCCDカメラ13と照明装置12の両者に偏光フィルタ31が取り付けられており、反射光などのノイズが最小となる向きに、画像を調べながら自動調節し、S/N比の最も良い画像を取り込む。

【0020】色による検査では、色を定量的に評価する必要がある。そのため、202では、取り込まれたカラー画像のRGBデータを、CIE(国際照明委員会)の規定する色度x、y、輝度Yへ変換し、これらを用いて検査を行う。色度x、yを2次元直交座標で表現したも

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (\text{数1})$$

【0023】

【数2】

$$\text{色度: } x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad \text{輝度: } Y \quad (\text{数2})$$

【0024】よって、カメラから取り込んだ各色のRGB値を(数1)(数2)に代入してxyY値を算出し、この値が色彩計で計測したxyY値と一致するような～を求めれば、カメラ固有の変換パラメータを求めることになる。未知のパラメータは9個なので、最低3色のRGB値～とそれに対応する色彩計のxyY値～でパラ

メータは算出できる。

【0025】(数2)よりXYZはxyY値から(数3)で算出できるので、

【0026】

【数3】

$$X = Y \times \frac{x}{y}, \quad Y = Y, \quad Z = Y \times \frac{(1-x-y)}{y} \quad (\text{数3})$$

【0027】色彩計の3色のxyY値を(数3)に代入し、XYZを求め、(数1)に代入する((数4))。

【0028】

【数4】

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{pmatrix} \quad (i=1,2,3) \quad (\text{数4})$$

【0029】これにより、カメラ固有の変換パラメータ～を求め(604)、カメラのRGB値から色彩計の値と等しいxyY値を求めることが可能となる。

【0030】キャリブレーションによりあらかじめ算出したカメラ固有の変換パラメータを用いて、カメラから得られたRGB値をxyY値に色度変換し、画像中の色度分布を算出した後、203では、画像中から正常な色度値、すなわち、欠陥でない部分の色度を基準値として算出する。まず、図7上のグラフのように、画像中の各画素の色度x、yを調べ、各x、y値をとる画素数をカ

のを色度図と呼び、図4に示す。色度図では、白を中心にしてその回りに各色が配置され、各色は、白から離れるほど鮮やかになる。以後、色合いを色相、各色の鮮やかさを彩度、色度図上での2つの色度値間の距離を色差と呼ぶ。本方法では、RGBデータから色度x、y、輝度Yへの変換を高精度に行うために、あらかじめ図5に示すようなカメラ校正用パレット51を使ってカラーキャリブレーションを行う。その処理の流れを図6に示す。

【0021】カメラ校正用パレット51には、3色以上の色が塗られている(51では右半分に4色)。これをCCDカメラ13で撮像し(601)、各色のRGB値を算出する(602)。また、色彩計52により、これらの色度x、y及び輝度Yを計測する(603)。ここで、RGB値とxyY値との関係は、(数1)(数2)で表される。

【0022】

【数1】

メータは算出できる。

【0025】(数2)よりXYZはxyY値から(数3)で算出できるので、

【0026】

【数3】

$$X = Y \times \frac{x}{y}, \quad Y = Y, \quad Z = Y \times \frac{(1-x-y)}{y} \quad (\text{数3})$$

【0027】色彩計の3色のxyY値を(数3)に代入し、XYZを求め、(数1)に代入する((数4))。

【0028】

【数4】

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_i \\ G_i \\ B_i \end{pmatrix} \quad (i=1,2,3) \quad (\text{数4})$$

【0029】これにより、カメラ固有の変換パラメータ～を求め(604)、カメラのRGB値から色彩計の値と等しいxyY値を求めることが可能となる。

【0030】キャリブレーションによりあらかじめ算出したカメラ固有の変換パラメータを用いて、カメラから得られたRGB値をxyY値に色度変換し、画像中の色度分布を算出した後、203では、画像中から正常な色度値、すなわち、欠陥でない部分の色度を基準値として算出する。まず、図7上のグラフのように、画像中の各画素の色度x、yを調べ、各x、y値をとる画素数をカ

ウントし、2次元度数分布を作る。そして、画像中で最も画素数の多いx、y値を調べる。画像中の大部分が欠陥ではない部分であることから、2次元度数分布のピーク値のx、y値を調べ、図7下のグラフに示すようにピーク値、すなわち最も画素数が多いx、y値を基準色のxy色度値とする。

【0031】204では、この基準色に対する画像上の各位置での色相、色差を算出する。基準色の色度を(xc、yc)、画像上の位置(i、j)での色度を(xi、yi)とすると、図8に示すように位置(i、

j)での色相を、色度図上での基準色に対する向きで算出する。その算出式を(数5)に示す。

$$\text{色相: } \theta_{ij} = \tan^{-1} \left( \frac{y_{ij} - y_c}{x_{ij} - x_c} \right) \quad (\text{数5})$$

【0033】また、図9に示すように位置(i, j)での色差を、色度図上での基準色からの距離で算出する。その算出式を(数6)に示す。

$$\text{色差: } d_{ij} = \sqrt{(x_{ij} - x_c)^2 + (y_{ij} - y_c)^2} \quad (\text{数6})$$

【0035】以上のように算出した基準色に対する画像の各位置での色相・色差より、図10に示すように、色相で欠陥として検出したい色合いを限定し、(図では、色相 $\theta$ が、 $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$ の範囲)し、色差で基準色との色の違いの程度を限定する(図では、色差 $d$ が、 $d_1 \leq d \leq d_2$ の範囲)。そしてこの範囲内にある部分を欠陥候補領域として抽出する。

【0036】このように色相と色差で範囲を限定して求めた欠陥候補の中には、欠陥として検出する必要のないものもある。例えば、基準色に対し、徐々に色度が変わっていくようなものは、人間にはあまり気にならない。むしろ、周囲の色に対し、急激に色度が変わった部分や、輪郭がはっきりとした領域は、かなり目立つ欠陥である。そこで、このように周囲の色に対する色の変化がなだらかなものは正常部と見なし、変化が急激なもののみを欠陥と見なす場合、206では、欠陥候補領域について、周囲との色差の変化量を求め、その値がある一定値以上のものだけを欠陥とする。

【0037】図11を用いて説明すると、(A)は205により抽出された欠陥候補領域である。(B)の112'は(A)の112上での色差である。更に、112上の各位置での色差の変化量、すなわち、112'を微分したものが、(C)の113である。このように周囲との色差の変化量が小さいものは、微分値も小さくなる。そこで、(C)に示すように、微分値が、ある一定値114より大きいもののみを欠陥領域とする。その結果、(D)のように色差が大きく、かつ色変化量大きい、すなわち輪郭が鮮明な領域のみが検出される。

【0038】次に、しきい値114の決定方法を図12を用いて説明する。図12(A)のグラフは、縦軸を色相と色差により抽出された各欠陥候補領域内の色差の最大値、横軸を各欠陥領域の輪郭部分の色差微分値の最大値にとり、真の欠陥領域での値を×で、欠陥でない領域での値を○でプロットしてある。また、121A1は各色差微分値の度数分布、121A2は、色差値の度数分布である。欠陥部と正常部が明らかに分かれている場合にはしきい値114は12(A)に示すように、121A1と121A2の度数分布の谷のピーク値を通り、プロットされた点の慣性主軸121A3に垂直な直線12

【0032】

【数5】

【0034】

【数6】

1A4が示す値とする。また、欠陥部と正常部が分離していない場合、すなわち、度数分布の谷のピークがない場合には、しきい値を示す直線は121B4となる。つまり、全ての欠陥候補領域を欠陥として検出し、見落とし、見逃しがないようにする。

【0039】更に、欠陥と見なす最低寸法や、面積等が決まっている場合には、206にて検出された欠陥領域の形状を207で計測する。画像で寸法計測を行う場合、同じものを撮像しても、その倍率や、焦点が合っているか否かで画像として取り込んだ時のサイズが異なる。そこで、このような撮像条件が変わったときのスケールを教示するための寸法ティーチングをあらかじめ、行っておく。まず、実寸が既知のカメラ校正用パターンをカメラで撮像する。パターンは、線、円など検出した欠陥の形状に近いものにする。コンピュータ14では、撮像したカメラ校正用パターンの画素サイズと、実寸からスケール(1画素の大きさ)を算出し、保持しておく。そして、検出された欠陥領域の実寸法などを、保持されているスケールを用いて計測し、欠陥と見なす最低寸法より大きい場合や縦横比などの形状が規定値を越えていれば欠陥として検出する。欠陥が検出された場合には、塗装表面の塗り直し等の対策を行う。

【0040】検出結果は表示装置16に表示され、出力装置17から出力される。その一例を図13に示す。131aは検査対象物の原画像データ、131bは検出結果、131cは欠陥の検出された位置を通し番号で示したものである。また、131dは131cで示した番号に対応した欠陥の詳細データである。位置、寸法や面積等の形状、色度、欠陥レベルなど、各評価方法に応じた情報を欠陥毎に出力する。また、これらの検査結果は記憶装置18に格納される。その例を図14に示す。検査対象範囲が広い場合、いくつかの画像に分割して撮像、検査を行うが、この時の分割は、1401に示すように、撮像範囲が重なるようになっている。1401a、1401b、1401cは、1401の分割画像であるが、それぞれに対して検査が行われる。その結果は、1402に示すように検査対象品毎に全画像の情報が1つにまとまって格納される。

【0041】さらに、図13で示した個々の画像毎の詳細

細データは、1403にあるように1402の下に格納されるので、ユーザは、まず、製品毎のデータ1402を調べ、更に欠陥のあった部分について1403の詳細に見たい場合は、その製品のID番号と、画像N0から、必要データのみを引き出すことができる。

【0042】本発明は以上に説明したように構成され、塗装表面を自動で検査し、定量的に評価するので、画像及び定量的な数値データを検査データとして得ることができる。これにより得られたデータを、品質保証用のデータとして出荷製品に添付することが可能となる。また、経時変化等による劣化の検査が必要な塗装面に対しては、定期的に検査を行い、図13に示したデータを時系列で保持し、これらを比較することにより品質管理を行うこともできる。すなわち、品質の変化を画像及びデジタルデータで保持、チェックすることにより、欠陥が致命的なものになる前に、塗り直しなどの対策が可能となる。

【0043】次に、第2の実施例として、鋳物の表面欠陥検査の1つである浸透探傷試験の自動評価を例にとって説明する。浸透探傷試験では、割れなどの表面欠陥部分に入り込んだ赤色、もしくは蛍光緑などの浸透液を白色の現像液で浮き出させて、目視によりその色の濃さ等から欠陥を検出する。浸透液が浮き出てきた部分の中には、表面に残っていた浸透液がにじみ出てきたものもあり、これは疑似欠陥と呼ばれ、真の欠陥ではない。このため、自動で検査する場合、検査対象面を、疑似欠陥部を含めた正常部と欠陥部のどちらか2つのモードに識別しなければならない。そこで、浸透液が赤色の場合の検査手順を図15を用いて説明する。まず、浸透探傷試験面をカメラで撮像し、RGBデータとして画像入力ボードを介してコンピュータへ取り込む(151)。コンピュータでは、得られたRGBデータを色度・輝度に変換する(152)。

【0044】ここで、従来、人間は試験面を検査する際に、周囲の白色部に対する赤色の濃さや輪郭の強さから欠陥と疑似欠陥を識別している。そこで、本発明による自動検査においても、各画像毎に基準となる白色を決定する(153)。決定の仕方は、前述の図7で説明した通り、画像中の色度分布から各色度値をとる画素数をカウントし、最も画素数の多かった色度値を基準白色とする。そして、基準白色に対する画像上の各位置での色相、色差を算出する(154)。これらの色相、色差から、疑似欠陥も含めた欠陥候補領域を抽出する(155)。

【0045】欠陥、疑似欠陥は、浸透液が赤色の場合、色度図上でピンク、赤へかけての領域の値をとる。そこで、基準白色に対する色相領域の指定は、図16の領域161となるような $\theta 1$ 、 $\theta 2$ を入力する。色差の値は、サンプルデータから、見逃しがないように、疑似欠陥も含めた範囲となるように指定する。このように疑似

欠陥も含めた範囲を指定し、欠陥候補領域を抽出した後、色差の微分値で欠陥のみを検出する(156)。そして、検出された領域について、面積、縦横比、寸法など形状計測を行い(157)、浸透探傷試験の判定基準で規定されている寸法や形状に該当するもののみを真の欠陥部として検出し、表示装置、出力装置に出力する(158)。画像データ、検査データなどは、記憶装置に格納される(159)。各手順の詳細は、塗装面の欠陥検査と同様である。

【0046】このようにして、色調の違いにより2つのモードに識別する本発明により、浸透探傷試験像を正常部分(白色部分及び疑似欠陥部分)と欠陥部分の2つのモードに自動で識別する。これにより、表面欠陥の浸透探傷試験像の評価を自動で行うことができる。

【0047】第3の実施例として、2種の液体を攪拌させた時の攪拌の進行度チェックを例に説明すると、攪拌する2種以上の液体の色が異なっている場合、それらが十分に混ざり合っているか否かは液体の色合いで検査する。

【0048】図17は、2色の液体の攪拌を例にとって、171aと171bを攪拌し、混ざり合った部分を171cで示している。171aと171bの混ざり具合のチェックは、図の色が、171cであるか否かの2つのモードに識別することで行う。その手順を、図18を用いて説明する。

【0049】まず、A色とB色の液体を攪拌している像をカメラで撮像し、RGBデータとして画像入力ボードを介してコンピュータへ取り込む(181)。コンピュータでは、得られたRGBデータを色度・輝度に変換する(182)。この色度分布の中から、A色とB色が混ざり合ってきた色Cを、基準色として算出し(183)、基準色に対する画像上の各位置での色相、色差を算出する(184)。これらの色相、色差から色Cでない色領域、すなわち混ざり合っていない領域(未混合色領域)を抽出する(185)。そして、基準色、すなわち混合色Cと、Cでない色との2つのモードに得られた像を識別し、その割合を算出する(186)。この割合により、攪拌の進行度をチェックする。これをリアルタイムで繰り返し、十分に攪拌されていれば、攪拌を停止する。

【0050】このようにして、色調により2つのモードに識別する本発明により、2色以上の液体の攪拌中の色を、混合済みの色とそれ以外の色の2つのモードに自動で識別する。これにより、攪拌の進行度を自動でチェックすることができる。

【0051】第4の実施例として、CRTや液晶、プラズマディスプレイなどの電子ディスプレイの発光状態の検査を例にとって説明する。電子ディスプレイの発光状態検査では、表示管面全体に特定の一色(特に白)を表示し、その均一性を評価するものである。

【0052】すなわち、図19に示すように、その一部が赤みがかったいたり、黄色くなっているなどの全体の色調とは微妙に異なる色のついた領域を色むらとして検出する。このため、自動で検査する場合、検査対象面であるディスプレイの発光管面を、均一発光部と色むら部のどちらか2つのモードに識別しなければならない。

【0053】検査装置の構成の一例を図20に示すと、構成はほぼ図1と同様であるが、検査対象物である電子ディスプレイ211は自発光物なので、照明手段は必要ない。

【0054】その検査手順を図2を用いて説明すると、発光管面をカメラで撮像し、RGBデータとして画像入力ボードを介してコンピュータへ取り込む(201)。コンピュータでは、得られたRGBデータを色度・輝度に変換する(202)。ここで、人間が発光状態を検査する際には、むらの少ない管面中央部との比較により、周辺部の評価を行っている。また、周りとの色度のコントラストによりむらを検出している。

【0055】そこで、本発明による自動検査においても、各対象ディスプレイ毎に基準となる色を決定する(203)。決定の仕方は、人間が管面中央との比較により評価を行うのと同様に、管面中央付近の平均色度で求める。そして、基準色に対する管面各位置での色相、色差を算出(204)し、これらの色相、色差から、色むら候補領域を抽出する(205)。色むらは任意の色なので、抽出する色相の範囲 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ を様々に変えていき、あらゆる色合いを検出できるようにする。色差の値 $r 1$ 、 $r 2$ は、合格限度値などを指定する。

【0056】ここで抽出された色むら候補領域の中には、人間にとってはむらと感じないものも含まれている。例えば、管面中央から周辺にかけて徐々に色度に変化していくような場合、人間はあまり、色度の変化を感じない。逆に、周りとの色度の変化が急激な時、すなわちコントラストが強い時、むらが強調されて見える。そこで、抽出された各色むら候補領域について、色差の微分値を算出し(206)、その値が大きい領域のみを欠陥として検出する。そして、検出された領域について、形状計測を行い(207)、判定基準値以上の大きさを持つ領域のみを色むら部として検出し、表示装置、出力装置に出力する(208)。画像データ、検査データなどは、記憶装置に格納される(209)。

【0057】各手順の詳細は、塗装面の欠陥検査と同様である。このようにして、色調の違いにより2つのモードに識別する本発明により、電子ディスプレイの発光管面を正常部分と色むら部分の2つのモードに自動で識別する。これにより、発光状態の色均一性の評価を自動で行うことができる。

【0058】以上、本発明の実施例について説明したが、本発明は、上記説明した実施例に限定されるものではなく、例えば物体表面の汚れの検査や、物体表面の色

調の度合いの検査など、色と欠陥との間に相関関係があるものであれば、広く応用することができる。

【0059】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているので以下に記載されるような効果がある。

【0060】即ち、本発明によれば、従来は作業者の目視による官能的な検査に頼っていた色に基づく表面欠陥の検査を、自動化することにより定量的な評価を行えるようになり、安定した欠陥検査が行えるようになった。

【0061】即ち、本発明によれば、色の違いから、検査対象物をカラー画像として取り込み、その画像データから色度・輝度を算出し、算出した色度の分布とその形状から欠陥のみを検出することにより、塗装むらや傷などの表面欠陥を検出する表面検査を自動化することができ、欠陥の定量的な評価が可能になった。これにより、表面検査の高効率化と信頼性の向上を図ることができるようになった。

【0062】また、あらかじめ、検査対象物の色度を高精度に計測するためのキャリブレーションと、面積、寸法を精度良く計測するためのティーチングを行うことにより、カメラで撮像した検査対象物のカラー画像データを用いて、高精度な色度測定と、形状計測が行えるようになった。

【0063】さらに、得られた色度分布から、基準となる色を自動で算出、それに対する色相、色差、及び色差の変化量を求めることにより、微妙な色調の違いを検出することができ、これにより、検査対象物を正常部と異常部とに自動で識別することが可能となった。

【0064】さらに、このように自動で識別することにより、表面の浸透探傷試験像の自動評価を可能とする。また、2色以上の液体の攪拌の進行度を自動でチェックすることができる。また、CRTや液晶などの電子ディスプレイの発光状態の均一性を自動評価できる。

【0065】さらに、画像データ及び識別結果の数値データを格納、保持することにより、欠陥検査においては、品質保証用のデータとして出荷製品に添付することが可能となる。また、経時変化等による劣化の検査が必要な対象物に対しては、定期的に検査を行い、データを時系列で保持し、これらを比較することにより品質管理を行うこともできる。これにより、欠陥などが致命的なものになる前に、対策が可能となる。

【0066】さらに、攪拌の進行度の自動チェックにより、攪拌装置のモニタリングが可能となる。

【0067】さらに、電子ディスプレイの均一性の定量評価による品質向上の実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の塗装面の表面検査装置の構成の一例を示す図である。

【図2】本発明の塗装面の表面検査装置の動作手順の例を示すフローチャート図である。



【図3】本発明の塗装面の表面検査装置において、偏光フィルタを用いた例を示す図である。

【図4】CIE（国際照明委員会）の規定するxy色度図である。

【図5】本発明のカラーキャリブレーション及び寸法ティーチングに用いるカメラ校正パレットの一例を示す図である。

【図6】本発明のカラーキャリブレーションの動作手順の例を示すフローチャート図である。

【図7】本発明の塗装面の表面検査装置において、基準となる色度を画像中から算出する方法を示す図である。

【図8】本発明の本発明の塗装面の表面検査装置において、色相画像の算出方法を示す図である。

【図9】本発明の本発明の塗装面の表面検査装置において、色差画像の算出方法を示す図である。

【図10】発明の本発明の塗装面の表面検査装置において、色相と色差から欠陥候補領域を抽出する方法の例を示す図である。

【図11】発明の本発明の塗装面の表面検査装置において、抽出された欠陥候補領域から、色差の変化量により欠陥領域のみを検出する例を示す図である。

【図12】発明の本発明の塗装面の表面検査装置におい

て、欠陥領域のみを検出する際の、2値化しきい値の決定方法の例を示す図である。

【図13】本発明の検査結果の出力例を示す図である。

【図14】本発明の検査結果の格納例を示す図である。

【図15】本発明の表面の浸透探傷試験像の検査の処理手順の例を示すフローチャート図である。

【図16】本発明の表面の浸透探傷試験像の検査において、CIE色度図上での計測色度の範囲を示す図である。

【図17】攪拌中の液体の例を示す図である。

【図18】本発明の攪拌の進行度チェックの処理手順の例を示すフローチャート図である。

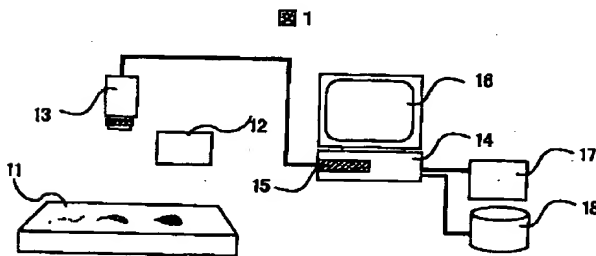
【図19】電子ディスプレイの発光管面の一例を示す図である。

【図20】本発明の電子ディスプレイの発光状態均一性評価装置の構成の一例を示す図である。

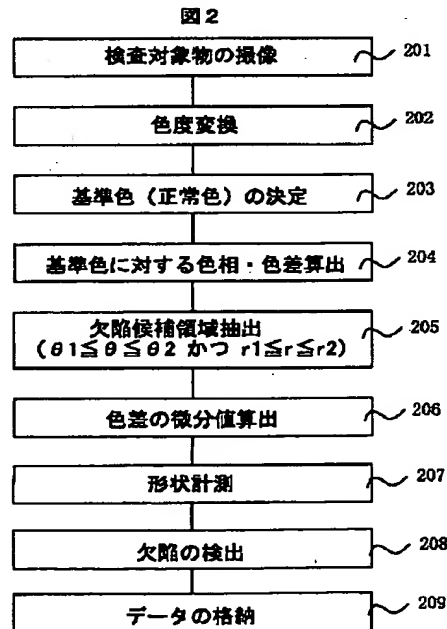
【符号の説明】

11・・・検査対象物、12・・・照明手段、13・・・カメラ、14・・・コンピュータ、15・・・画像入力ボード、16・・・表示装置、17・・・出力手段、18・・・記憶装置、31・・・偏光フィルタ、51・・・カメラ校正用パレット、52・・・色彩計。

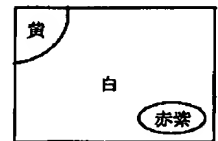
【図1】



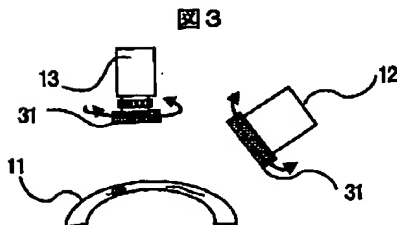
【図2】



【図19】

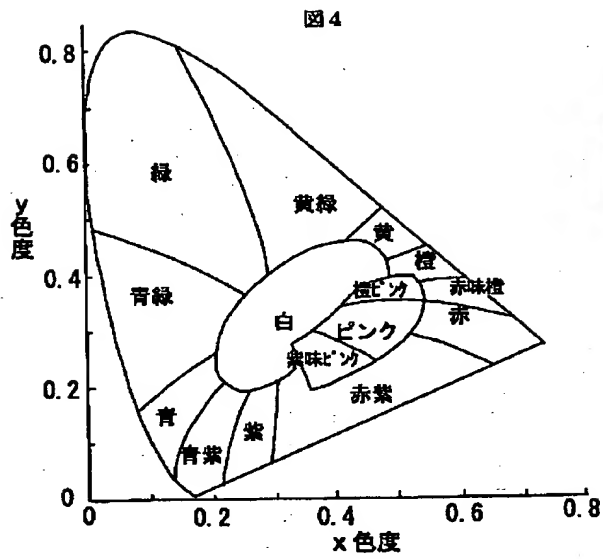


【図3】

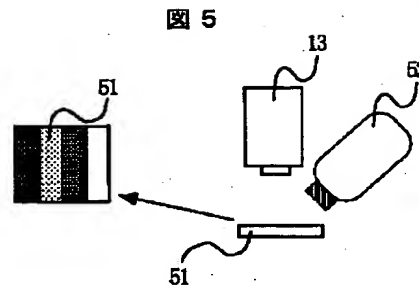




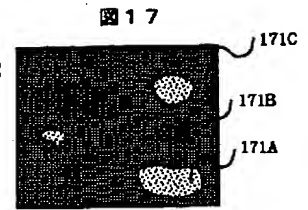
【図4】



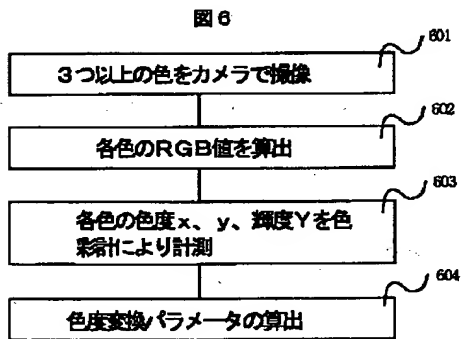
【図5】



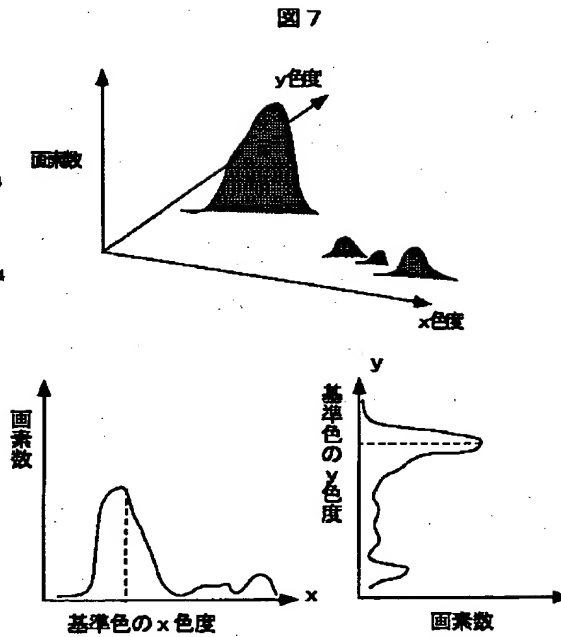
【図17】



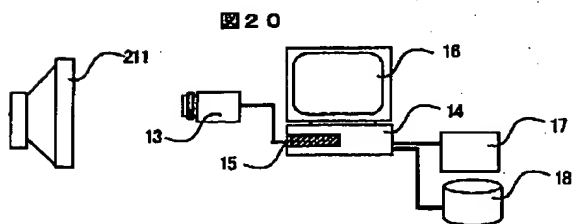
【図6】



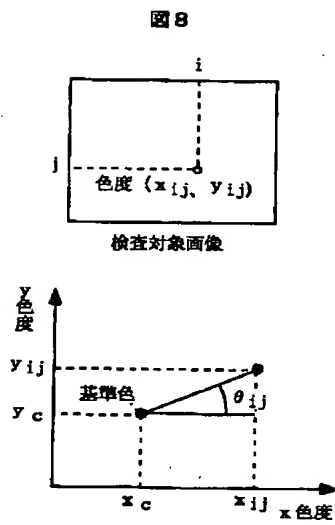
【図7】



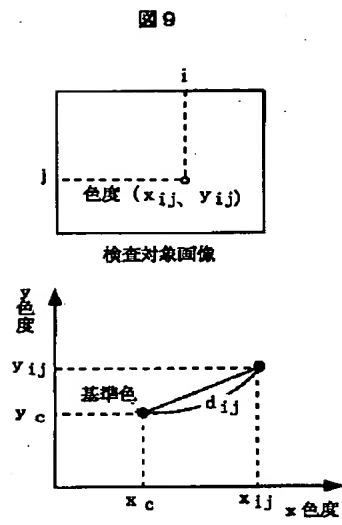
【図20】



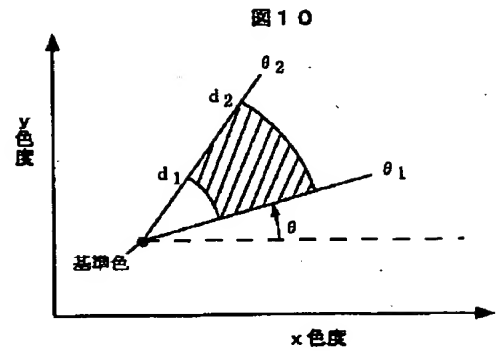
【図 8】



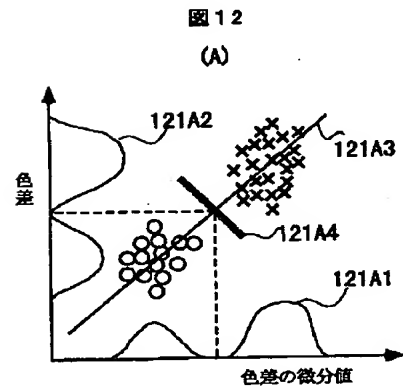
【図 9】



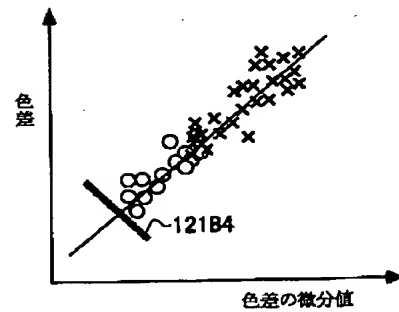
【図 10】



【図 12】

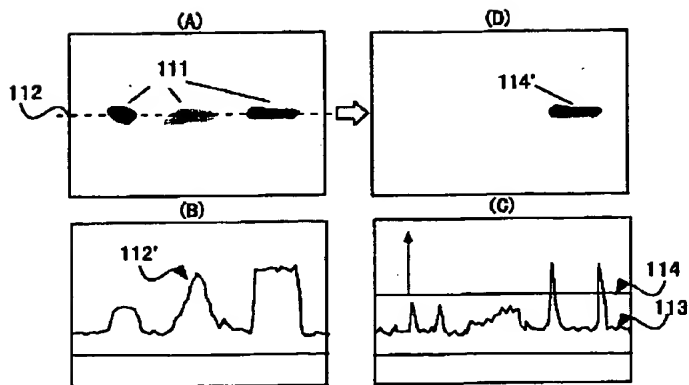


(B)

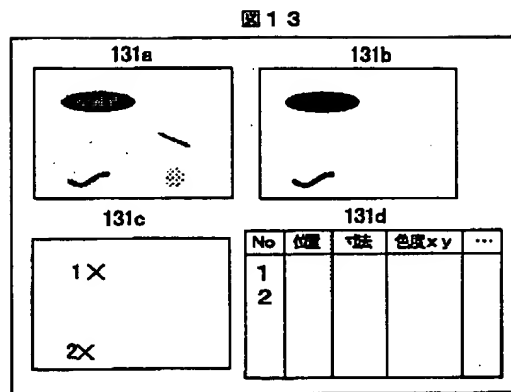


【図 11】

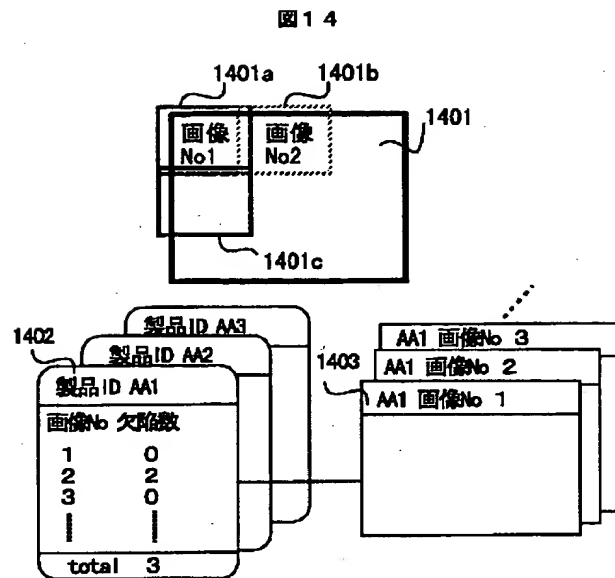
図 11



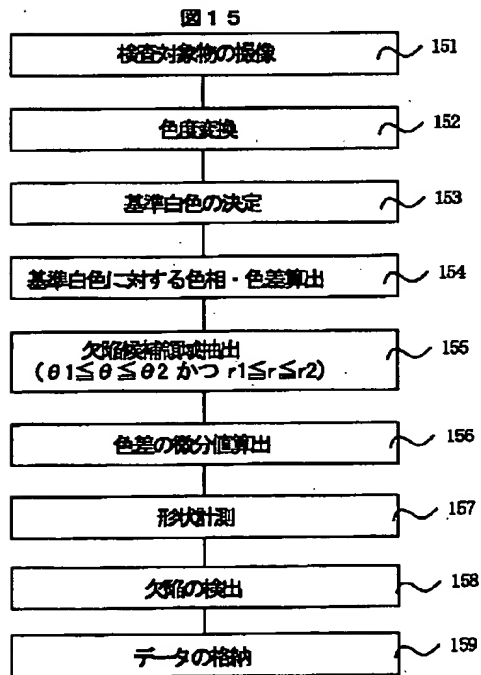
【図13】



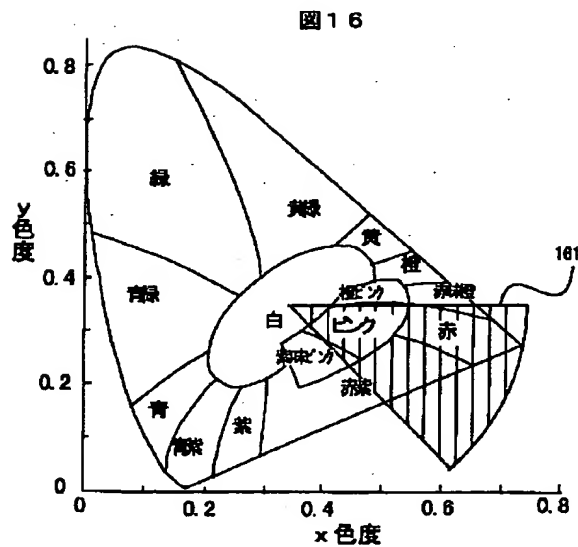
【図14】



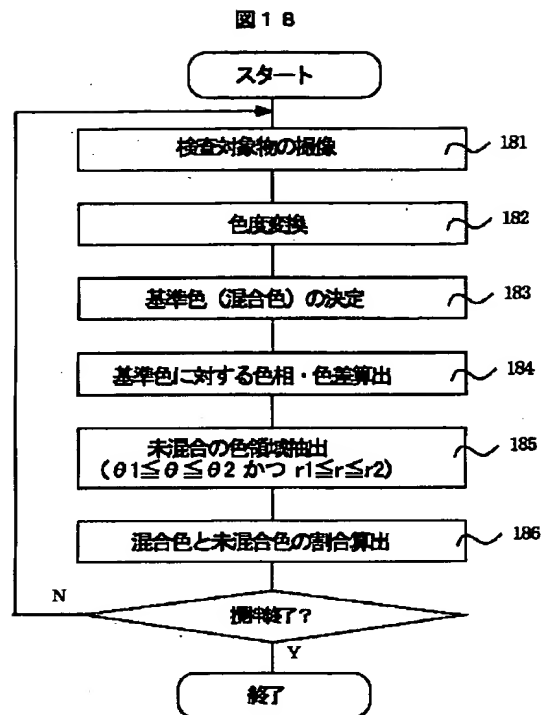
【図15】



【図16】



【図18】



## 【手続補正書】

【提出日】平成9年10月20日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0021

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0021】カメラ校正用パレット51には、3色以上の色が塗られている(51では4色)。これをCCDカメラ13で撮像し(601)、各色のRGB値を算出する(602)。また、色彩計52により、これらの色度 $x$ 、 $y$ 及び輝度 $y$ を計測する(603)。ここで、RGB値と $x$   $y$   $Y$ 値との関係は、(数1)(数2)で表される。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0024

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0024】よって、カメラから取り込んだ各色のRGB値を(数1)(数2)に代入して $x$   $y$   $Y$ 値を算出し、この値が色彩計で計測した $x$   $y$   $Y$ 値と一致するような $a_{11} \sim a_{33}$ を求めれば、カメラ固有の変換パラメータを求めることになる。未知のパラメータは9個なので、最低3色のRGB値( $R_1, G_1, B_1$ )  $\sim$  ( $R_3, G_3, B_3$ )とそれに対応する色彩計の $x$   $y$   $Y$ 値( $x_1, y_1, Y_1$ )  $\sim$  ( $x_3, y_3, Y_3$ )でパラメータは算出できる。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0029

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【0029】これにより、カメラ固有の変換パラメータ $a_{11} \sim a_{33}$ を求め(604)、カメラのRGB値から色彩計の値と等しい $x$   $y$   $Y$ 値を求めることが可能となる。

フロントページの続き

(72)発明者 田中 勲夫  
茨城県日立市幸町三丁目1番1号株式会社  
日立製作所日立工場内